

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-98192

(P2000-98192A)

(43)公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(51)Int.Cl.

G 0 2 B 6/42  
H 0 1 L 31/0232

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 6/42  
H 0 1 L 31/02

2 H 0 3 7  
C 5 F 0 8 8

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 14 頁)

(21)出願番号

特願平10-283416

(22)出願日

平成10年9月18日(1998.9.18)

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 中西 裕美

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住  
友電気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 工原 美樹

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住  
友電気工業株式会社大阪製作所内

(74)代理人 100079887

弁理士 川瀬 茂樹

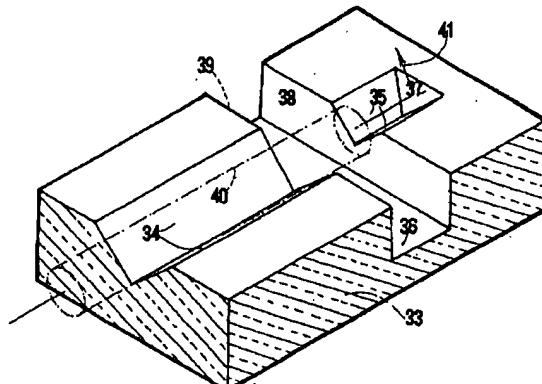
F ターム(参考) 2H037 AA01 BA11 DA03 DA04 DA06  
DA12 DA13 DA17  
5F088 AA01 BB01 EA11 JA14 LA01

(54)【発明の名称】 光受信モジュール

(57)【要約】

【課題】 従来の平面実装型光受信モジュールにはPD直下ファイバ挿入構造や二基板張り合わせ構造、二段階V溝構造などがあった。しかしPD直下ファイバ挿入構造では、光ファイバの先端が見えず傾斜反斜面に接触しているのか分からなかった。また、樹脂が狭い穴に十分に回り込まないという欠点があった。二基板貼り合わせ構造は、PDの位置合わせが難しくコスト高になり、また、二段階V溝構造では、接着剤の種類に対する配慮が足りなかった。そこで本発明は透光性樹脂と固定樹脂を混在しないように空間的に分離し、接着性を高め安価な樹脂モールド型の光受信モジュールを提供することを目的とする。

【解決手段】 基板上に第1V溝と第1V溝に直交するそれより深い間隙溝と、第1V溝に軸線を共通にし間隙溝を介して対向する第1V溝より浅い第2V溝と、第2V溝の終端に形成される上向きの傾斜反射面を設けることにより、透光性樹脂と固定樹脂とを空間的に分離し、接着性を確実にする。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 全体が絶縁物であるか或いは表面が絶縁被膜によって覆われた基板と、基板の上に形成され光ファイバを固定するための第1V溝と、基板に形成され第1V溝に直交しより深い間隙溝と、間隙溝を介して第1V溝と対向し同一軸線上になるよう基板に形成され第1V溝より浅い第2V溝と、第2V溝の終端部に生成される傾斜反射面と、間隙溝にかららず第2V溝と傾斜反射面の上方において基板に固定される受光素子チップと、先端が間隙溝に接触するよう第1V溝に挿入固定された光ファイバと、光ファイバ先端、間隙溝、受光素子チップの部分に塗布される透光性樹脂接着剤と、光ファイバの残りの部分に塗布され光ファイバを基板に接着する固定樹脂接着剤とを含み、光ファイバから出た光は第2V溝を通り傾斜反射面で反射され受光素子チップに入射するようにしたことを特徴とする光受信モジュール。

【請求項2】 基板が(100)面Si基板であり、(100)面より(111)面のエッティング速度が遅くなる異方性エッティングによって第1V溝、第2V溝、傾斜反射面が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の光受信モジュール。

【請求項3】 間隙溝が基板をダイシングなどの機械加工することによって形成される事を特徴とする請求項1または2に記載の光受信モジュール。

【請求項4】 間隙溝がSi基板をエッティングすることにより形成される事を特徴とする請求項2に記載の光受信モジュール。

【請求項5】 受光素子チップが裏面入射型受光素子である事を特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の光受信モジュール。

【請求項6】 傾斜反射面には金属膜もしくは誘電体膜をコーティングしてあることを特徴とする請求項5に記載の光受信モジュール。

【請求項7】 受光素子よりの電気信号を処理するための電子回路部品を同一の基板上に集積したことを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の光受信モジュール。

【請求項8】 光ファイバから受光素子に至る間隙溝、第2V溝、傾斜反射面の空間が透光性の樹脂によって充填されている事を特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の光受信モジュール。

【請求項9】 モジュールの全体が樹脂によってモールドされていることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の光受信モジュール。

【請求項10】 光ファイバが石英系のシングルモードファイバであり、受光素子がInGaAs若しくはInGaAsP受光層を有する裏面入射型受光素子である事を特徴とする請求項1～9のいずれかに記載の光受信モジュール。

【請求項11】 光ファイバが一定間隔を置いて並列に

2

配置された複数本の集合体であり、光ファイバに対応して第1V溝が複数本同じ一定間隔で平行に基板上に設けられ、間隙溝は全ての第1V溝に直角に1本設けられ、第2V溝は第1V溝と同じ間隔で平行に複数本設けられ、第1V溝終端にはそれぞれ傾斜反射面があり、傾斜反射面の上方にはこれと等しい間隔に複数の受光素子が設けられていることを特徴とする請求項1～10に記載の光受信モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信に用いる平面実装型受信モジュールに関する。平面実装という言葉について述べる。従来例の光受信モジュールは、システムにPDを固定し、光ファイバをPDの上方にシステム面に直角になるように支持し中間にレンズを設けていた。光ファイバからの光を集光レンズで絞って垂直にPDの上面に入射させる。光線はシステムやPD面に直角である。ファイバとPDにはかなりの空間距離があり光が広がるのでこれを防ぐためにレンズが必要である。縦長円筒形で光ファイバが円筒の頂点から出ているという扱いにくい形状をしている。プリント基板に実装する場合は、ピンでモジュールを固定した後これを横に寝かせる必要がある。プリント基板を何枚も重ねる場合、そのピッチは9ミリであるが、基板厚みと、素子の厚みが9ミリ以下としなければいけない。従来の円筒形縦長の光受信モジュールではそのような要求に応えることができない。

【0002】平面実装型モジュールというのはそのような嵩高い縦長モジュールの反対概念である。光ファイバの入射方向が基板面に平行でレンズがないものを平面実装型と呼ぶ。光ファイバが平面を這うので平面実装なのである。光ファイバが基板面に平行だから円筒形のパッケージが最早不要である。平坦な基板に光ファイバやPDを固定して平坦な形状のパッケージとができる。また光ファイバとPDを接近させ自由空間で伝搬しないようにするからレンズは要らない。レンズが不要だと材料コストが下がるだけでなく、調芯作業を省き組立コストを下げることができる。平坦な形状なのでプリント基板に実装したとき高さを取らないので好都合である。そのようなわけで光モジュールのコストをさらに抑制するためには平面実装型のものが強く望まれる。

【0003】表面実装モジュールでは、光結合のため集光レンズを使わない。光ファイバと発光素子(LED, LED)若しくは受光素子(PD)を対向接近させて直接光結合させる。このため実装の寸法精度がよりいっそう厳しくなる。光ファイバと発光素子や受光素子を精度良く固定するためのいくつかの工夫が提案されている。しかし何れの提案も広く実施されるには至っていない。

## 【0004】

【従来の技術】平面実装型光受信モジュールとしてしばしば提案されているものは、Si基板に構造物を作り光

50

ファイバとPDを固定するものである。Si単結晶の異方性エッチングを利用しSi基板にV溝を形成し、ここに光ファイバを固定し、光ファイバ端面より出射した光を略直角に曲げ、Si表面に実装した受光素子に入射させる。ここでエッチングの異方性というのは{100}面と{111}面のエッチング速度が相違し、前者が後者より著しく速いという性質をいう。そのような異方性を示すエッチャントが知られている。

【0005】(100)面Si単結晶にレジストを塗布し[011]方向のストライプ状の窓を開け、適当なエッチャントによって異方性エッチングすると、[011]方向に伸びる(1-11)面と(11-1)面よりなるV溝ができる。異方性エッチャントによるエッチング速度が{100}面では速く、{111}面で遅いからそのようなV溝ができる。さらに好都合な事はV溝の終点に(111)面が露出するという事である。表面(100)とV溝の面(1-11)、(11-1)のなす角度は126°である。V溝の底角は72°である。終端面(111)とV溝両面(1-11)、(11-1)との角度は、108°である。終端面(111)と表面のなす角度は126°である。135°ではない。

【0006】ここで[...]は個別方向を、<...>は包括方向を示す。(...)は個別面を、{...}は包括面を表す。上の説明は[011]ストライプについてのものであるが、[0±1±1]の方位のストライプについても同様なV溝を作製できる。Si基板というがSi基板はそのままで導電性なので表面を1μm~数μm程度の厚みで酸化させてSiO<sub>2</sub>にする。あるいはスパッタリングによってSiO<sub>2</sub>膜を堆積させる。大部分はSi単結晶であるが、表面は絶縁性のSiO<sub>2</sub>である。だからSi基板というのは、詳しくはSiO<sub>2</sub>/Si基板のことである。簡単のため、以後単にSi基板と表現する。

【0007】表面実装型のモジュールを作製する場合、このV溝に光ファイバをはめ込んで固定する。溝終端の(111)面で光を反射させてその上方に固定したPDに光を入射させる。そうするとレンズが不要で光ファイバが表面に平行な平面実装型モジュールが得られる。

【0008】平面実装型モジュールの基本的な構造は以上に述べた通りである。さらに進んで平面実装型に関して幾つもの提案がなされている。しかしいずれも何らかの難点があり未だ広く実施されていない。平面実装PD\*

$$B = 2W \tan \phi = 2W \tan 36^\circ = 1.45W \quad (2)$$

によって与えられる。だからこのV溝の幅Bは、245μm以上である。光ファイバの横方向の位置決めはV溝によって自然になされる。光ファイバの軸方向の位置決めは傾斜反射面によって正確になされる。つまり光ファイバは調芯の必要がない。これは利点である。光ファイバ先端からPDチップまでの距離は極めて短いからビームが広がらない。PDチップ5がV溝の上面のコの字型の部分に安定に固定される。構造が単純である。これも※50

\*モジュールに関する主な公知技術について3つの構造を説明する。

【従来構造1: PD直下ファイバ挿入構造(図1~図4)】

①ドイツ特許公報DE 35 43 558 C2 (1985年12月10日出願)発明者ヒラーリッヒベルント、ローデマンフレッド

②B.HILLERICH & A.GEYER, "SELF-ALIGNED FLAT-PACK FIBRE-PHOTODIODE COUPLING", Electronics Lett. vol. 10, 24, No.15, 1988, p918-919、

【0009】異方性エッチングによってSi基板にV溝を掘る。V溝の終端の上に受光素子(PD)を取り付ける。V溝のPDの直下まで光ファイバを差し込んで光ファイバとほぼ同じ屈折率の接着剤によって光ファイバを固定する。受光素子の直下まで光ファイバの先端が入り込むところに特徴がある。図1~4によってこの構造を述べる。図1は完成した状態の断面図、図2はV溝の部分の平面図、図3はV溝に光ファイバを取り付けた状態の平面図、図4はPDチップ、光ファイバを固定した状態の平面図である。

【0010】(100)面Si基板1にレジストを塗布しマスクを使った露光と現像により[011]方向のストライプ窓を開け、異方性エッチャントをつかってエッチングする。(1-11)、(11-1)面よりなるV溝2ができる。(111)面である傾斜反射面4がV溝2の終端に生成される。傾斜反射面4の直上にPDチップ5を位置決めし固定する。ワイヤ配線する。光ファイバ3の先端をPDチップ5の下に差し込み、先端を傾斜反射面4に当てる。光ファイバ3をV溝に入れる。光ファイバ3、V溝2に接着剤7を塗布する。接着剤が乾燥すればできあがりである。

【0011】V溝はかなり深く掘る必要がある。光ファイバがすっぽりと埋まるからである。V溝の深さをW、底角の半分をφ、光ファイバの直径をDとすると、  
 $W > D(1 + \operatorname{cosec} \phi) / 2 \quad (1)$

である必要がある。V溝の底角が72°であるから、  
 $W > D(1 + \operatorname{cosec} 36^\circ) / 2 = 1.35D$ でなければならない。たとえばD=125μmとすると、Wは169μmより深い。V溝が完全な{111}面であれば、深さWと、幅Bは単純な関係

【0012】

※利点である。PDを正確に位置決めしておけば良い。

【0013】ところがこの構造には二つの欠点がある。ひとつは光ファイバ3の先端をPD5の下へ潜り込ませるので先端が見えないということである。だから先端が傾斜反射面4に接触しているのかどうか分からぬ。接着剤の回り込み状態を観察できない。

【0014】もう一つは接着剤7がPDの下のV溝部分まで回り込まないということである。PDとV溝によっ

て作られる狭い穴に光ファイバを差し込んでそのあとで接着剤を塗布するが、粘度が大きいから穴に入りにくい。例えば $W=1.35D$ とするとV溝とPDで囲まれる穴の断面積は光ファイバ断面積の約1.7倍である。しかし光ファイバが差し込まれているから、実効面積は光ファイバ断面積の0.7倍しかない。このように狭いから接着剤が入りにくい。接着剤が光ファイバの先端を覆わないと図1のように穴のなかに空隙部8が生ずる。接着剤は光ファイバと同じ屈折率を持ち光ファイバの光が端面で反射しないようにする作用もある。もしも空隙部8が発生すると、端面反射による損失がある。空気中であるとビームの広がりが大きくなる。チップ裏面での反射損失も増加する。図1のように空隙部8がなくても接着剤の中に気泡ができると気泡での散乱や反射損失がある。接着剤が穴を完全に満たしていないとそのような損失がある。PDのためファイバ先端が見えないから果たして接着剤が穴を充填しているかどうかという事も分からぬ。

【従来構造2：二基板張り合わせ構造（図5、図6）】

【0015】特公昭63-22565号に提案されている構造である。1枚の基板に平面実装できず、2枚の基板に光ファイバ、PDを取り付け、互いに張り合わせるようになっている。図5、図6によって説明する。図5は第1のSi基板の斜視図である。（100）Si基板11の上に異方性エッチングによって[011]方向に延びる平行な第1V溝12、13を設ける。同時にこれと直交する[0-11]方向に横溝14を穿つ。平行な二つのV溝12、13の底より、横溝14の底が深い。同時に異方性エッチングするが、深いので時間が足らず横溝14の底面は（100）面が残っているようである。横溝14の対向面は（111）面になっている。これが反射面15となる。V溝12、13に光ファイバ16、17を差し込み先端を傾斜反射面15に当てる。その状態で光ファイバを接着剤で固定する。光ファイバから出た光は傾斜反射面15によって反射されて上向きの光線23、24になる。

【0016】横溝14が横にのびているからPDを固定できない。そこで第2のSi基板18を使う。L型断面の複雑なSi基板18である。二つの穴を穿ち、二つのPD19、20を穴に埋め込む。このPDはp電極、n電極ともに上面にあり、ワイヤボンディングによってメタライズパターン（図示しない）と接続する。第2Si基板18を反対に向けて、第1Si基板11の背面21が、第2Si基板18の横片22内面に当たるように、基板11、18を重ね合わせ、接着する。光線23、24がPD19、20に入射するようになる。

【0017】この構造の場合、光ファイバが基板面より下に沈んでいるから溝の深さWは

$$W > (D/2) (\cosec \phi + 1) \quad (3)$$

でなければならない。横溝14はこれ以上に深い溝であ

る。

【0018】これはPDの下に光ファイバを差し込まない。光ファイバの先端がよく見える状態で作業する。軸方向の位置合わせ（傾斜反射面15に当てる）と接着が容易である。また横溝14に接着剤を満たす事ができ光ファイバの先端も接着剤で完全に覆う事ができる。接着剤の付着のムラ、空隙での乱反射などの問題がない。さらに複数のPD、光ファイバを取り付けるのに便利である。それらは利点である。

10 【0019】しかし横溝14が広がっておりPDを三方で支える事ができない。PDを片持ち支持するというような不安定なことはもちろんできないことである。つまり光ファイバと同じ基板によってPDを支持できない。PDを支持するために第2の基板18が不可欠である。すると二つの基板間の位置合わせをしなければならない。基板の一方を裏返して貼り合わせるのであるから極めて難しい位置合わせになる。第2Si基板18でのPD位置、第1基板での横溝の位置なども誤差の要因になる。これらが狂っていると2枚基板間の時後的な調芯だけでは最適位置を見いだすことができない。

20 【0020】それになにより構造が複雑である。2枚のSi基板にそれぞれPDと、光ファイバを取り付けてこれを合体させるのであるから表面実装とはもはや呼べない。製作コストが嵩むので実用的でない。

【従来構造3：二段階V溝構造（図7～図9）】

【0021】二段V溝構造受光モジュールが特開平9-54228号によって提案されている。図7～図9によって二段V溝構造の受光モジュールを説明する。図7は縦断面図、図8は平面図、図9はV溝を横切る線で切った断面図である。

30 【0022】（100）Si基板25に大きい第1V溝26とそれに続くより小さい第2V溝27を異方性エッチングによって同時に形成する。いずれも[011]方向に伸びるV溝で中心線は共通である。V溝の面は（1-11）、（11-1）面である。深さが違うので中間に傾斜面28ができる。第2V溝27の終端に小さい傾斜反射面29ができる。これも（111）面である。光ファイバ30は第1V溝26にはめ込む。先端が傾斜面28に当たる位置で固定される。第2V溝27の上に当たる部分にPDチップ32を固定する。光ファイバ30から出た光は第2V溝27を通過し傾斜反射面29で上方へ反射される。そしてPDチップ32に下面から入射する。

40 【0023】光ファイバ30は第1V溝26の上に一部が露呈する。第1V溝の深さWは、 $W < D (1 + \cosec \phi) / 2 = D (1 + \cosec 36^\circ) / 2 = 1.35D$ （4）でなければならない。たとえば $D = 125 \mu\text{m}$ とすると、Wは $169 \mu\text{m}$ より浅い。しかしビームは第2V溝27を進行しなければならないから、

【0024】

$$W > (D/2) \operatorname{cosec} \phi = (D/2) \operatorname{cosec} 36^\circ = 0.85D \quad (5)$$

である。つまり 第1 V溝の深さWは、

$$(D/2) \operatorname{cosec} \phi < W < (D/2) (\operatorname{cosec} \phi + 1) \quad (6)$$

であるが、 $\phi = 36^\circ$  の場合、Wは $0.85D \sim 1.3$  \*ことから、第2 V溝の深さUは、  
5 Dの間にある。光ファイバの先端が傾斜面28に当たる【0025】

$$U < W - (D/2) (\operatorname{cosec} 36^\circ - 1) = W - 0.35D \quad (7)$$

でなければならない。光ファイバから出たビームが第2 V溝を通るために、  
※

$$U > W - (D/2) \operatorname{cosec} 36^\circ = W - 0.85D \quad (8)$$

である。つまり第2 V溝深さUは、

$$W - (D/2) \operatorname{cosec} \phi < U < W - (D/2) (\operatorname{cosec} \phi - 1) \quad (9)$$

であるが、この場合Uは $W - 0.85D \sim W - 0.35$  Dの間にあることが必要である。

【0027】この構造の利点を述べる。まず光ファイバの先端がPD32の下に潜り込まない。先端が見えるので光ファイバの固定状態を観察できる。光ファイバ固定が容易である。光ファイバ先端とPD下部の空間を樹脂によって埋め尽くすことができる。樹脂のない部分ができる光が反射されたり散乱されたりするがない。二段階の溝は一度の異方性エッチングによって彫りつけることができる。

#### 【0028】

【発明が解決しようとする課題】ところが従来技術として紹介した3つの構造にはいずれも欠点がある。【従来構造1 (PD直下ファイバ挿入構造)】では、受光素子の下まで、光ファイバが挿入されている。狭い穴に樹脂が受光素子の下まで十分に回り込まないと言う欠点がある。接着剤が光ファイバ先端を完全に覆わないと空気と光ファイバ、接着剤の境界で反射する。光路中に気泡があれば乱反射がおこり光量損失の原因になる。また特開平9-54228号にも欠点として指摘されているように、光ファイバの先端が見えないという問題もある。

【従来構造2 (二基板貼り合わせ構造)】の場合は、横溝が横に伸びているので、PDを同じ基板に付けることができず、基板が2枚になってしまう。光ファイバ側基板と、PD側基板の位置合わせが難しい。平面型でなくて厚みのある構造物になる。構造が複雑であって製作が困難である。コスト高になる。【従来構造3 (二段階V溝構造)】は接着剤の種類に対する配慮が足りない。接着剤は第1には光ファイバを基板に固定するためのものである。しかしそれだけではない。接着剤は光ファイバとPDの間を埋め尽くすのであるから光を通すものでなければならない。透光性であるということである。それに、光ファイバの屈折率(1.46)に近似する屈折率をもつものであることが望ましい。そうでないと、光ファイバ・接着剤界面で反射が起こるからである。それゆえ二段階V溝構造は、透光性の接着剤を光ファイバ全面に塗布して光ファイバの固定、光路充填に用いている。ところが透光性の樹脂は接着力が弱い。乾燥した後であってもブヨブヨと柔らかく部材が微かに動き得る。光フ

★アイバと基板を永久的に固定するにはより強力な接着剤を用いることが望ましい。しかし強力な接着性を持つ接着剤は不透明であり、光ファイバ・PD間には使えない。だからこの提案は接着剤に難点があり永年の使用に耐えない。

【0029】以上のように従来例では、2種の目的の違う樹脂を適切に使用する事が難しい。

【0030】性質の異なる二通りの樹脂を用いて、光を通しながら光ファイバを確実に固定できるようにした表面実装型受光モジュールを提供することが本発明の第1の目的である。性質の異なる二通りの樹脂が混在しないように空間的に分離できるようにした表面実装型光受信モジュールを提供することが本発明の第2の目的である。安価な樹脂モールド型の光受信モジュールを提供することが第3の目的である。

#### 【0031】

【課題を解決するための手段】本発明の光受信モジュールは、基板と、基板の上に穿たれたより深い第1 V溝と、第1 V溝に直交して基板上に設けられそれより深い間隙溝と、第1 V溝に軸線を共通にし間隙溝を介して対向するよう基板上に穿たれ第1 V溝よりも浅い第2 V溝と、第2 V溝の終端に形成される上向きの傾斜反射面と、第2 V溝の終端の上部に固定されるPDチップと、第1 V溝に挿入され端面が間隙溝の前面に接触する光ファイバと、光ファイバの先端部、間隙溝、第2 V溝とPDチップの下面に充填される透光性樹脂と、光ファイバの大部を基板に固定する固定樹脂と、全体を覆って硬化した樹脂モールドのパッケージとなる。

【0032】本発明では光ファイバ固定V溝(第1 V溝)と、反射ミラー部分(光路変換部:第2 V溝)と、これらを仕切るトレーナ(間隙溝)を設ける。間隙溝を間に介するのは、一つは光ファイバの位置決めの為である。もう一つの役割は2種類の接着剤(透光性樹脂、固定樹脂)を混ざらないように切り分けるためである。間隙溝を使って透光性樹脂を光路に充填させる。さらにはその上から光ファイバの固定も兼ねて固定樹脂を充填する。これらの3要素(第1 V溝、第2 V溝、間隙溝)を一つのSi基板の上に形成することにより高度の位置精度を確保する。

【0033】樹脂について述べる。透光性の樹脂としては、シリコン系の柔らかい透明の樹脂が適する。柔らかいので受光素子や光ファイバの端面へのストレスが少ない。特に温度変化による伸び縮みで受光素子や光ファイバの位置関係を大きく狂わせる事もない。この樹脂は、紫外線、若しくは温度加熱によって硬化させるが、完全に固化せず、ゼラチン状の状態を保ち、周りの部品にストレスを掛けない。シリコン系の透光性樹脂は屈折率も光ファイバに近く、マッチングオイル的な役割もするし、通信用波長帯の1300nm～1600nmでの吸収も殆どない。従来技術としてこれまで紹介したものは透光性を重視しているから全面に透光性ある樹脂を使っていた。

【0034】しかしV溝へ光ファイバを固定するには透光性樹脂では不十分である。硬化が完全でなく光ファイバがずれるおそれがある。透光性樹脂の長所が、光ファイバ固定という目的に対しては短所になる。そこで本発明は光ファイバの固定のためには透光性樹脂でない硬化の完全な樹脂を用いる。固定樹脂をここでは表現する。固定樹脂は光ファイバを強固に支持できればよいので、透明性、屈折率同一性などの光学的性質は要求されない。しっかりと確実に固定することが主眼であるので固定樹脂としては例えばエポキシ系の樹脂を用いる。

【0035】このように二種類の樹脂を用いることが本発明の新規な特徴の一つである。しかし単に2種類の樹脂を流すだけだと境界が決まらず相互に混合してしまい、固定樹脂が光ファイバとPDを結ぶ光路を塞ぐ可能性もある。本発明はそのような問題に対する備えをもちろん持っている。間隙溝を2種類のV溝の間に直交して設けるという点がそれである。

【0036】間隙溝は光ファイバの先端を止め、位置決めするという機能もある。それに加えて透光性接着剤をポッティングする為の明確な空間を提供するという機能がある。本発明の間隙溝は、図5の横溝とは違う。横溝で終わってしまうと、そこにPDチップを固定できない。本発明はさらに細い第2のV溝を切り込んでいるから、PDチップを支持する3面(コの字型面)を確保できる。PDを同じ基板に固定でき図5、図6のような2枚基板を必要としない。図7～図9の従来技術は、2段V溝であるが間隙溝がない。2種類の樹脂を空間的に切り分けることができない。

【0037】

【発明の実施の形態】図10～図15によって本発明の光受信モジュールを説明する。図10は光ファイバ固定\*

$$(D/2) \operatorname{cosec} \phi < W < (D/2) (1 + \operatorname{cosec} \phi) \quad (10)$$

)  
でなければならない。従来構造1、2よりは深い溝になる。間隙溝36はこれよりも深い溝である。間隙溝はダイシング加工する場合、広さと深さは無関係であるから深い溝であっても幅はそれほど広がらない。

\*部のみの一部斜視図である。図11は溝の横断面図である。図12は溝の縦断面図である。

【0038】方位(100)のSi基板33を基材として用いる。Siそのままであると導電性があるからSiO<sub>2</sub>膜を表面に形成する。スパッタリングによってSiO<sub>2</sub>膜を付けるか、酸化によって膜を作る。膜厚は1μm～数μmで充分である。Si基板33にフォトレジストを塗布しマスクを通して露光し[011]方向のストライプ窓を形成する。レジストを現像し異方性エッチングによって、2段のV溝34、35を[011]方向に形成する。第1V溝34はより広く深く、第2V溝はより狭く浅い。第2V溝の終端に傾斜反射面37ができる。第2V溝35と傾斜反射面37を併せて光路変換部という。傾斜反射面37(ミラー面)は例えば(111)の傾斜面である。Siの屈折率が高いのでSiのままである程度の反射率はある。しかし金属膜を蒸着して反射率を100%近くに上げるとさらによい。第1V溝34、第2V溝35、傾斜反射面37は一回の異方性エッチングによって形成できる。

【0039】次にV溝34、35に対して直角に間隙溝36を形成する。間隙溝36は面に対して垂直の壁をもつとすれば、同じ異方性エッチングでは形成できない。高アスペクト比が取れるRIE(反応性イオンエッチング)エッチングによって間隙溝を形成できる。またダイシングソーによって機械的に箱型底の溝を切り抜く事もできる。間隙溝の深さは、第1V溝34や光路変換部の溝(第2V溝35)よりも深くする。

【0040】間隙溝は垂直壁を持つのが光ファイバの位置決めという点で良いのであるが、斜め壁であっても光ファイバの位置決めは可能である。斜め壁の間隙溝でよいなら、V溝と同じ異方性エッチングによって同時に間隙溝をも形成することができる。間隙溝は透光性樹脂を収容するという機能と、光ファイバ位置決めという機能がある。前者は垂直壁を持つ間隙溝の方がよいが、後者は斜壁のものでも差し支えない。但し間隙溝の深さQは、第1V溝34の深さW、第2V溝35の深さUよりも深いことが望ましいので(Q>W>U)間隙溝を傾斜溝にすると幅が広がってしまう。図11に示すように、光ファイバ(コア+クラッド；被覆は剥してある)40が第1V溝34に固定されるが、一部は第1V溝の上に露呈する。光ファイバ中心は基板表面より下にある。V溝の底角の半分をuとし、光ファイバの直径をDとする、第1V溝の深さWは

【0041】

$$(D/2) \operatorname{cosec} \phi < W < (D/2) (1 + \operatorname{cosec} \phi) \quad (10)$$

※【0042】第2V溝の深さUは、光ファイバコア(中心)より下にあるという条件と、第1V溝より浅いという条件から、

$$\text{※50 } W - (D/2) \operatorname{cosec} \phi < U < W \quad (11)$$

11

を得る。これが第2V溝の深さUの範囲に課される。【0043】Si基板の異方性エッチングを利用する場合は $\phi = 36^\circ$ である。光路変換部の(111)面37の傾斜角は $54^\circ$ である。V溝の斜面は(1-11)、(11-1)面である。図12のように深さは $Q > W > U$ である。間隙溝36の前面38は光ファイバの先端が当たる部位である。後面39と前面38の間は透光性の接着剤を充填できる。図13、図14は平面図であるが、第1V溝34に光ファイバを乗せて先端が前面38に接触するように位置決めする。順序は図14に示すとおりでなく先にPDを付ける。その後に光ファイバを取り付けるのであるが、光ファイバの先端が間隙溝の面38で止まる事を示すために図10、14などを示している。傾斜反射面37とその近傍の第2V溝35には金属膜を蒸着し反射率を高揚させる。PDチップ42は光路変換部のすぐ上に固定する。そのためメタライズ面を基板上に作っておく。PDチップは背面入射型が適する。背面入射型の場合n電極がリング電極になりここから光が入る。n電極をメタライズ面にボンドする。

【0044】PDチップは例えば、 $450\mu\text{m}$ 角厚み $200\mu\text{m}$ のInGaAsのPDチップを用いる。これを所定位置に半田づけする。図15に示すように、光ファイバ40を第1V溝34に差し入れ押さえ治具によって仮固定する。先端が間隙溝面38に当たるので正確な位置決めができる。光ファイバ先端と間隙溝36、PDチップ42の辺りに透光性樹脂43をポッティングする。透明であって光を通し、光ファイバと屈折率が近似する接着剤である。接着力は劣るが光学的な性質を優先してシリコン樹脂の接着剤などを使う。間隙溝36があるので流動性ある透光性樹脂43が間隙溝に滞留できる。光ファイバ先端とPDチップの間の光路に空隙を作らないようにするため透光性樹脂が必要である。

【0045】しかし透光性樹脂だけでは強固な接着性が実現できない。さらに光ファイバと第1V溝34の近傍により接着性に優れた固定樹脂44を塗布して光ファイバをSi基板に固定する。固定樹脂は光学的な性質はどうでもよくて不透明であっても差し支えない。たとえばエポキシ系の接着剤とする。固定樹脂44は光ファイバを固定するだけでなく透光性樹脂を保護する作用もある。二つの種類の接着剤を有効に使って接着強度、光学的機能の要求を満足している。そのような工夫を加えたものは従来技術にはなかった。

【0046】図15をみるとPD42は不安定に見えるが実際には図13、14、10、11にみるようにPDは底面をコの字型の部分で支えられているから安定である。

【0047】図16はSi基板の全体平面図である。縦中央に光ファイバを収容するV溝が形成される。先述の第1V溝34の先に大V溝47がある。これは光ファイバにフェルールを付け、フェルールを収容する溝であ

12

る。光ファイバはクラッド径が $125\mu\text{m}$ であるがフェルールはこれよりずっと太いので大V溝47が必要である。その部分は前低面46となっている。傾斜面45ができるのは、異方性エッチングによってV溝47、34、35、傾斜面45を一挙に形成したからである。中間部面48には縦方向に第1V溝34があるだけである。

【0048】後面49には光路変換部(第2V溝35、傾斜反射面37)の他にメタライズ50~53が印刷あるいは蒸着によって形成される。後面には、PDの他に、増幅器やコンデンサ、その他の電子回路素子を取り付けることができるよう電極引き出し用のメタライズ面が設けられるのである。Si基板の表面は酸化膜SiO<sub>2</sub>で覆われメタライズはSiO<sub>2</sub>の上にあるから相互に絶縁されている。溝を切った部分はSiが露呈している訳である。しかし溝に接触するのは光ファイバだけであるから差し支えない事である。

【0049】図17は図15の光路変換部の拡大断面図である。光ファイバ40はコア57とクラッド56とかなる。光路変換部の第2V溝35の側面と傾斜反射面37には金属膜が被覆される。反射率を高めるためである。この図では光ファイバの先端は第2V溝35の底より上有るが、そうであっても間隙溝の前面38によって位置決めされるのである。V溝であって底角が $72^\circ$ であるから溝の側方に光ファイバ先端が当たる。コア57の中心Pから出た光は、開口角に応じて広がる。広がり角θは $\cos\theta = n_1/n_0$ によって与えられる。n<sub>1</sub>はクラッド屈折率、n<sub>0</sub>はコア屈折率である。広がりビームをPQ<sub>1</sub>、PQ<sub>2</sub>、PQ<sub>3</sub>とする。傾斜反射面37でビームが反射されて裏面入射型のPD42に入る。

【0050】傾斜反射面37の傾斜角は $45^\circ$ でなく $54^\circ$ であるから、ビームQ<sub>1</sub>R<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>R<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub>R<sub>3</sub>は表面に垂直でない。多少後ろ向きのビームとなる。これらが屈折率の大きいPD42に入射し、上方の受光部58まで伝搬しここで感受される。垂直上向きでないから、PD面で反射されたビームは同じ道筋を戻らない。もしも戻ると光ファイバを逆進し光源であるレーザ(図示しない)に戻りレーザ発振に悪影響を及ぼすところである。本発明では $54^\circ$ の傾斜反射面を使うからそのような事はない。従来の円筒形の光受信モジュールでは光ファイバの先端を $8^\circ$ の傾斜に研磨して反射光がレーザに戻るのを防いだものである。本発明ではそれが不要である。現にここで光ファイバ40の先端は(傾き $0^\circ$ に)正しく切ってある。

【0051】近赤外光( $1.55\mu\text{m}$ や $1.3\mu\text{m}$ )を通信光に用いる場合、PDはInP基板の上に、InGaAsPやInGaAsの受光層をエピタキシャル成長させ、Zn拡散でpn接合を作成したものを使う。もちろん通信光の波長によって、Si-PDSi-APDを使う事もできる。

13

【0052】図18はSi基板33のV溝など構造物に、チップや光ファイバを取り付けた状態を示す斜視図である。光路変換部の上、メタライズ50の終端にPD42が半田付けしてある。そのすぐ前にはメタライズ52に増幅器IC59が半田付けしてある。同じメタライズ52に平板コンデンサ61、62が取り付けられる。これはダイキャップともいう。電源のインピーダンスを下げるノイズを遮断するために入れている。PD42はn電極(カソード)が下になっておりこれがメタライズ50に接続されている。上のp電極はワイヤによって増幅器59の入力端子に接続される。増幅器の出力端子と電源端子がワイヤによって別のメタライズ53、51とつながれている。グランドはメタライズ52から取っている。PDの光電流を同じパッケージ内で増幅するから外部ノイズの影響を受け難い。

【0053】このように電子部品をリフロー炉によって半田付けしてから、フェルール60を付けた短い光ファイバ40をSi基板に取り付ける。第1V溝34に光ファイバのクラッドをいれ、フェルール60を大V溝47に入れて支持する。その後接着剤を使って光ファイバを固定するのであるが、初めに透光性樹脂を光ファイバ先端、間隙溝、第2V溝の辺りに滴下(ポッティング)する。次いでフェルール60、光ファイバ40の部分に固定樹脂を塗布する。

【0054】図19は図18の部分図である。図19(1)はPDを取り付ける部分の平面図である。基板の側部から伸びるメタライズ50が光路変換部の近傍では、第2V溝35を囲むようにコの字型になっている。メタライズ50の上に電極用のパターン66が蒸着、メッキ(例えばAu-Sn)などによって作成してある。その外側でメタライズ50の上に4つの位置合わせマーク67、68、69、70が付されている。PD42の四隅の点をこれらのマークに合うようにして取り付ける。図19(2)は光ファイバの突き合わせ部である。光ファイバから出た光は平面方向にも広がるが傾斜反射面37で反射されPDにはいる。図19(3)は光ファイバの光が面37で上向きに反射されPDに入射するところを示す。図19(4)は光ファイバを横切る部分の横断面図、(5)は第2V溝の部分の横断面図である。光ファイバの大部分は第1V溝に沈んでいるが、上部の幾分かが露出している。

【0055】図18のようなものができると、これを金属板を打ち抜いたリードフレームに乗せて、パターンとリードとをワイヤによって接続する。さらに型にいれて流動性ある樹脂をそそぎ込み固化する。リードの外側に出ている部分を切断する。つまり樹脂モールドによってパッケージを作るのである。従来の円筒形光受信モジュールは金属属性のパッケージにハーメチックシールしていたがそれはコスト高になる。本発明は安価なモールド型のパッケージに収容する。これによってもコストを削減

14

できる。モールドであるというのも本発明の特徴の一つである。

【0056】図20は樹脂モールド後の本発明の素子の斜視図である。図21は光路変換部の辺りの横断面図、図22は縦断面図、図23はフェルール部分の辺りの横断面図である。光路変換部の辺りでは透光性樹脂接着剤43が光路部分を覆っている。さらに光ファイバ、フェルールの部分は固定樹脂44によって覆われる。さらにその外側において、安価な樹脂72が全体を覆っている。両側にはリード73、74、…、83…、85などが出ている。通常のモールドタイプICと外観は殆ど同じである。ただし、光ファイバを繋ぐためのフェルール60が外部に突き出ている。これが電気的なICとすこし違うところである。

【0057】以上に述べたものは光ファイバが一本のものであった。本発明は複数の光ファイバと複数のPDを設けた複数連の光受信モジュールにも適用できる。図24は、3連の光受信モジュールに適用したもののSi基板の平面図を示す。Si基板86に1本の共通の間隙溝87が彫られている。これと直角に3本の第1V溝88、89、90が基板端面から半ばにかけて形成される。間隙溝87の先にはよりせまい第2V溝94、95、96が形成される。その終端は傾斜反射面になっている。それが光路変換部となっている。前例と同じように、V溝は異方性エッチングによって作製できる。間隙溝だけダイシングソーで切り欠いてもよい。間隙溝も方向性あるRIEなどのエッチングで形成できる。もちろんV溝も機械的手段によって切り込むことができる。

【0058】光路変換部の上にはPD97、98、100を固定してある。PDのさらに前方には電子回路素子101、102、…、109などが実装してある。これらは増幅器、コンデンサ、波形整形器など任意である。第1V溝には、光ファイバ91、92、93を埋め込んである。光路変換部は透光性樹脂によって、光ファイバの全体は固定樹脂によって固定する。3連に限らず、4連、…など任意の多連のモジュールとすることができます。この例ではフェルールが外部に突出していない。それはテープ光ファイバなどと突き合わせ結合させるためである。もちろん3本のフェルールを図20のように突き出すような構造にしてもよい。結合の相手になる光ファイバ群の形状によってフェルールの組み合わせも自在に変えることができる。これは基板部分だけをしめしているが、実際には図20のように全体を樹脂モールドして完成品とする。パッケージが樹脂モールドであるから金属カンパッケージやセラミックパッケージよりずっと安価になる。

【0059】図25は、5連の実施例を示す。Si基板120に、横方向に間隙溝121を彫りつけ、これに垂直に第1V溝122～126を形成する。その続きとしてより狭い幅の第2V溝127～131を間隙溝12

15

1の先に設ける。第2V溝の終端は(111)面の傾斜反射面となっている。その上にPDアレイ137が固定してある。個々に分離したPDでなくてここではアレイを使っている。PDアレイなら位置合わせが一回で済む。PD群の後方には電子回路部品138、139、140が取り付けてある。これもSi基板の部分だけしかしめしていないが、実際には樹脂によって全体をモールドする。光ファイバの開口端には、やはり5連のテープ光ファイバ142のコネクタが何らかの手段によって着脱自在に取り付けられる。

## 【0060】

【発明の効果】本発明は、第1V溝(固定用V溝)、間隙溝、第2V溝(光路変換部)をSi基板上に独立させて形成している。間隙溝が2段V溝の間にあるので透光性樹脂接着剤を光路になる部分にのみ満たし、光ファイバは固定樹脂接着剤によって強固堅固に固定することができる。間隙溝によって二つの接着剤の空間的な切り分けが可能になる。透光性樹脂と固定用樹脂の組み合わせで良好な性能の受信モジュールができる。そのようなものは従来の光受信モジュールにはなかった事である。

【0061】平面実装型であって円筒形のパッケージでないからプリント基板に実装したとき9mm以下にできる。平面実装型であってしかも樹脂によってモールドしたものであるからさらに安価になる。

【0062】1本の光ファイバ1個のPDだけでなく、複数の光ファイバ、PDを接続する光パラレルリンクのような複数本の光ファイバ伝送にも応用できる。光ファイバやPDの数が増えるとV溝による調芯作用、樹脂による固定などが一層その効果を發揮する。製作コスト、部品コストともに低減できる表面実装型の光受信モジュールを与えることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】ドイツ特許DE3543558C2およびB.Hillerich & A.Geyer, "Self-aligned flat-pack fibre-photodiode coupling", ELECTRONICS LETTERS VOL.24, N.0.15, P918(1988)によって提案された光受信モジュールの中央縦断面図。

【図2】同じ光受信モジュールのV溝を含む一部の平面図。

【図3】同じ光受信モジュールにおいてV溝に光ファイバを挿入した状態の一部平面図。

【図4】同じ光受信モジュールにおいてPDを取り付けて光ファイバをV溝に挿入した状態の一部平面図。

【図5】特公昭63-22565号において提案された光受信モジュールの第1の基板の斜視図。

【図6】同じ特公昭63-22565号において提案された光受信モジュールの第2の基板の斜視図。

【図7】特開平9-54228号において提案された光受信モジュールの中央縦断面図。

【図8】同じ特開平9-54228号において提案され

16

た光受信モジュールの一部平面図。

【図9】同じもののV溝部分の横断面図。

【図10】本発明の光受信モジュールのV溝を含む部分の斜視図。

【図11】本発明の光受信モジュールのV溝を含む部分の横断面図。

【図12】本発明の光受信モジュールの基板部分のV溝、間隙溝の断面図。

【図13】同じもの一部平面図。

10 【図14】同じものにおいて、光ファイバをV溝に挿入したものの平面図。

【図15】同じ光受信モジュールにおいて光ファイバを取り付けて透光性樹脂で光路変換部、光ファイバ先端、PDの部分を接着し、その上に固定樹脂の接着剤を塗布して固めた状態の断面図。

【図16】本発明の光受信モジュールのSi基板の平面図。

【図17】本発明の光受信モジュールの光路変換部の拡大縦断面図。

20 【図18】本発明の光受信モジュールにPDチップ、光ファイバを固定した状態の斜視図。

【図19】同じモジュールの各部分の詳細図。(1)は光路変換部の平面図。(2)は光路変換部に光ファイバを固定した状態の平面図。(3)は同じものの縦断面図。(4)は光ファイバの部分の横断面図。(5)第2V溝の部分の横断面図。

【図20】Si基板に電子部品や光ファイバを実装して全体をモールドしたものの斜視図。

30 【図21】同じ光受信モジュールのPDチップを含む部分の横断面図。

【図22】同じ光受信モジュールの中央縦断面図。

【図23】同じ光受信モジュールの光ファイバを含む部分の横断面図。

【図24】光ファイバ3連の場合に適用した本発明の光受信モジュールのSi基板部分の平面図。

【図25】光ファイバ5連の場合に適用した本発明の光受信モジュールのSi基板部分の平面図。

## 【符号の説明】

1 Si基板

2 V溝

3 光ファイバ

4 傾斜反射面

5 PDチップ

6 光線

7 接着剤

8 空隙部

11 Si基板

12、13 V溝

14 横溝

15 傾斜反射面

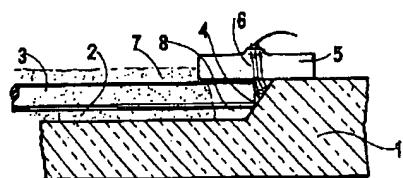
50

17

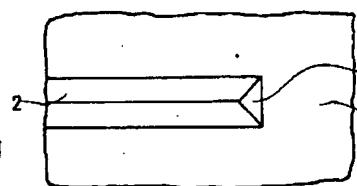
18

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| 16 光ファイバ    | 55 反射被膜         |
| 17 光ファイバ    | 56 クラッド         |
| 18 蓋板       | 57 コア           |
| 19 PDチップ    | 58 受光部          |
| 20 PDチップ    | 59 増幅器          |
| 21 Si 基板背面  | 60 光ファイバ        |
| 22 横片       | 61 平板コンデンサ      |
| 23 反射光線     | 62 平板コンデンサ      |
| 24 反射光線     | 63 段            |
| 25 Si 基板    | 10 64 ワイヤ       |
| 26 第1V溝     | 65 ワイヤ          |
| 27 第2V溝     | 66 AuSnメッキパターン  |
| 28 傾斜面      | 67~70 位置合わせマーク  |
| 29 傾斜反射面    | 72 モールド         |
| 30 光ファイバ    | 73~77 リードピン     |
| 32 PDチップ    | 83~85 リードピン     |
| 33 Si 基板    | 78 底板           |
| 34 第1V溝     | 79~80 ワイヤ       |
| 35 第2V溝     | 86 Si 基板        |
| 36 間隙溝      | 20 87 間隙溝       |
| 37 傾斜反射面    | 88~90 第1V溝      |
| 38 溝前面      | 91~93 光ファイバ     |
| 39 溝後面      | 94~96 第2V溝      |
| 40 光ファイバ    | 97~98 PDチップ     |
| 42 PDチップ    | 100 PDチップ       |
| 43 透光性樹脂    | 101~109 電子回路部品  |
| 44 固定樹脂     | 120 Si 基板       |
| 45 傾斜面      | 121 間隙溝         |
| 46 前低面      | 122~126 第1V溝    |
| 47 大V溝      | 30 127~131 第2V溝 |
| 48 中間部面     | 132~136 光ファイバ   |
| 49 後面       | 137 PDアレイ       |
| 50~53 メタライズ | 138~140 電子回路部品  |
| 54 反射被膜     | 142 テープファイバ     |

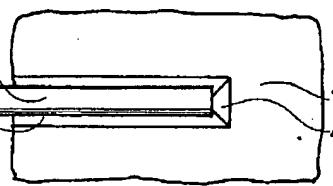
【図1】



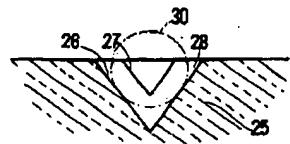
【図2】



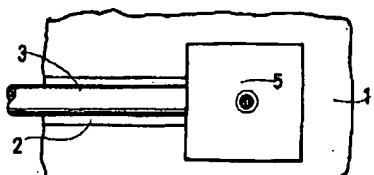
【図3】



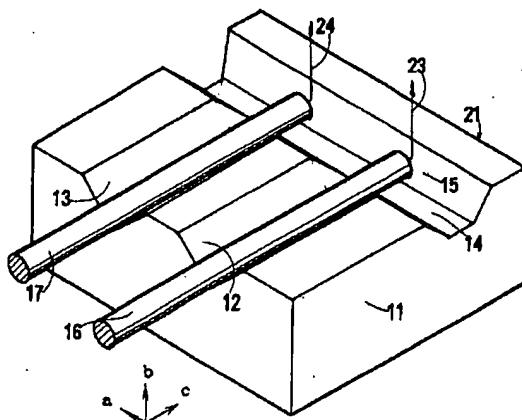
【図9】



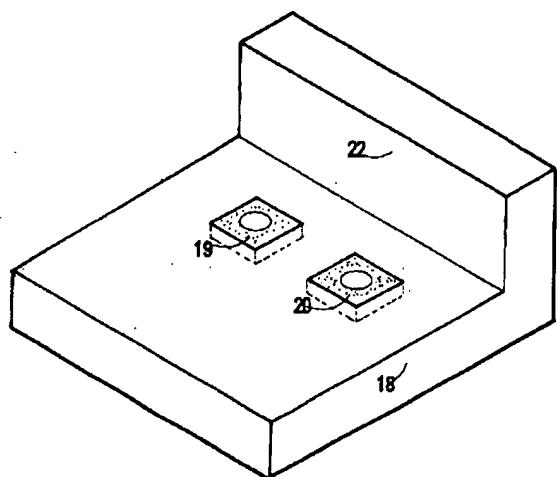
【図4】



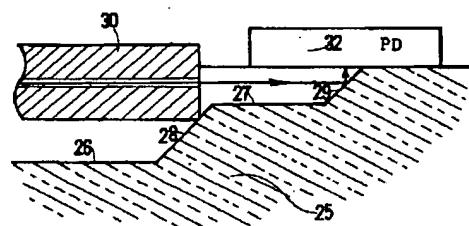
【図5】



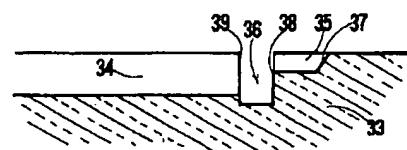
【図6】



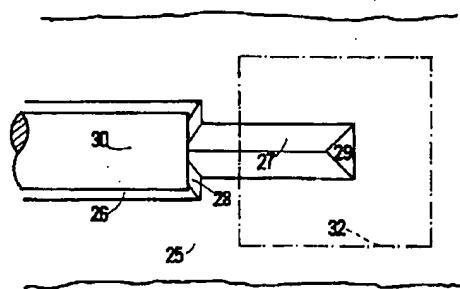
【図7】



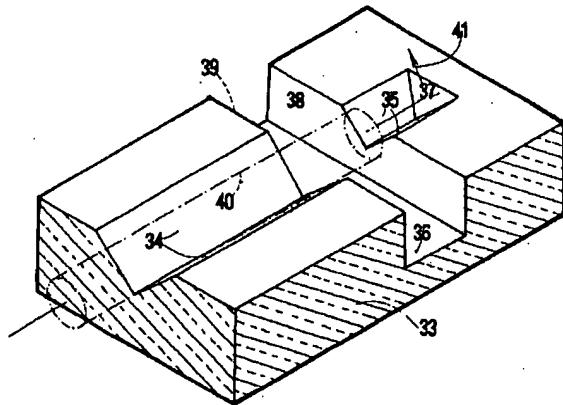
【図12】



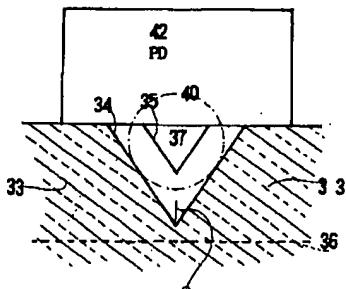
【図8】



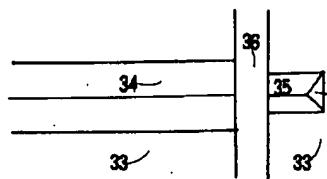
【図10】



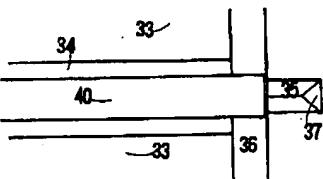
〔図11〕



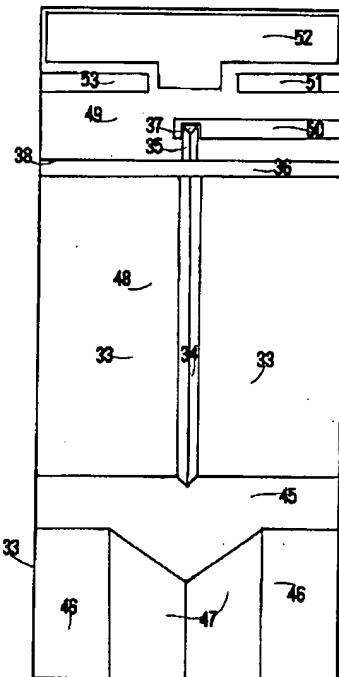
### 【图13】



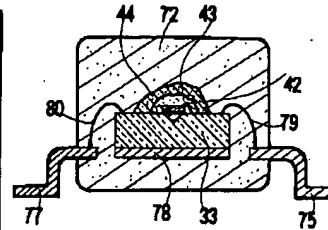
【図14】



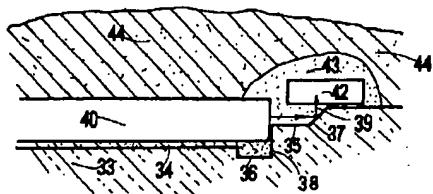
【图16】



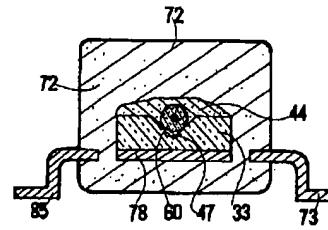
【図21】



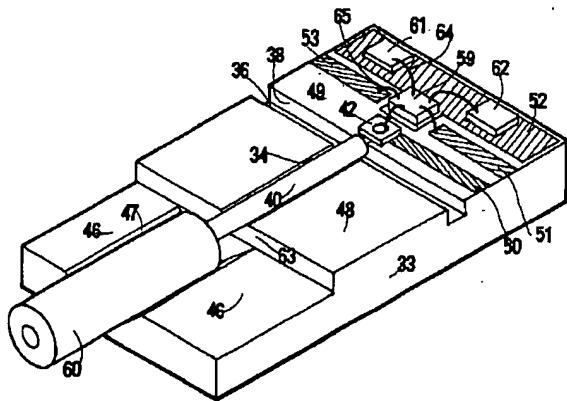
【四 15】



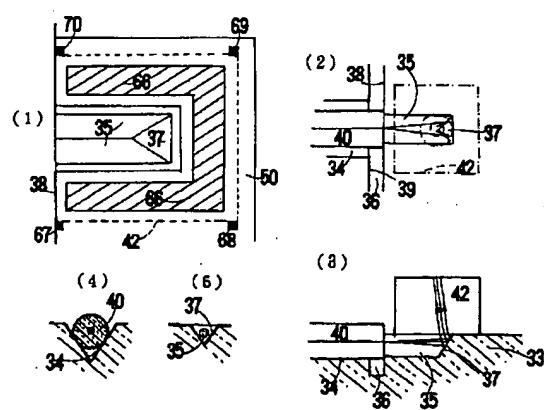
【図23】



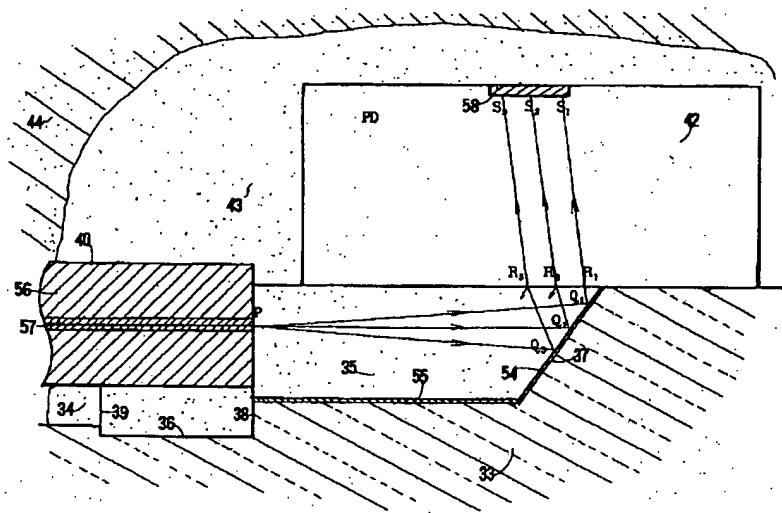
【図18】



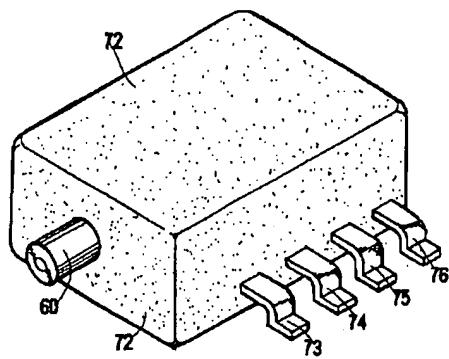
【图19】



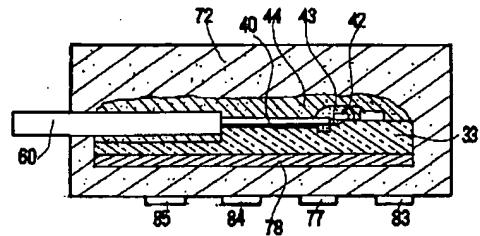
【図17】



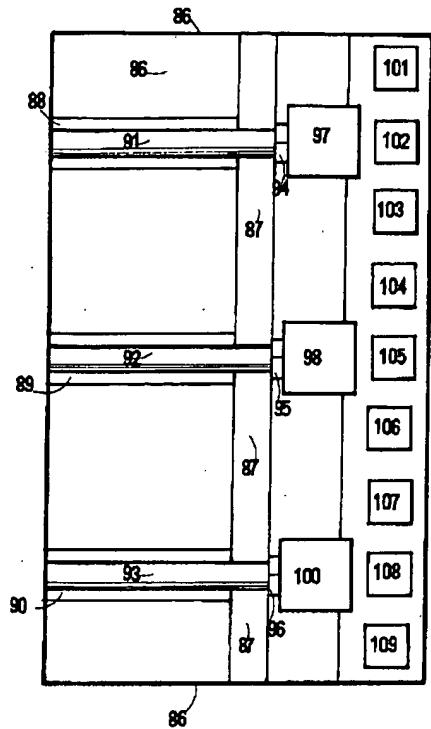
【図20】



【図22】



【図24】



【図25】

